

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



H 01 Q 15/T4

H 01 S 3/08

F 24 J 3/02

F 03 G 7/02

DE 26 31 551 A

**Schiffeneigenheit**

# Offenlegungsschrift 26 31 551

11

21

22

43

Aktenzeichen:

P 26 31 551.5-51

Anmeldetag:

14. 7. 76

Offenlegungstag:

2. 2. 78

30

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung:

Spiegel mit veränderbarer Brennweite

71

Anmelder:

Krause, Horst, Dr.-Ing., 1000 Berlin; Müller, Gerhard, Dr.-Ing.,  
8520 Erlangen

72

Erfinder:

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 28b PatG ist gestellt

DE 26 31 551 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Dr.-Ing. Gerhard Müller  
Burgunderstraße 12  
1000 Berlin 38

Dr.-Ing. Horst Krause  
Am Bahnhof Westend 5  
1000 Berlin 19 2631551

### Patentansprüche

- (1.) Spiegel mit veränderbarer Brennweite,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß eine biegsame Schicht mit spiegelnder oder verspie-  
gelter Oberfläche durch Unterdruck und/oder durch elek-  
trostatischen Kräfte verformt wird.
2. Spiegel nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Schicht aus einer Folie besteht.
3. Spiegel nach Anspruch 1 und 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß hinter der Folie auf einem Träger einzelne Elektroden  
zur Erzeugung der elektrostatischen Kräfte aufgebracht  
sind.
4. Spiegel nach Anspruch 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein Regelnetzwerk zur Ansteuerung der Elektroden vor-  
gesehen ist.
5. Spiegel nach Anspruch 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß als Mittel zur Erzeugung des Unterdruckes Öl oder  
Luft verwendet wird.

2631551

6. Spiegel nach Anspruch 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß Einrichtungen zur Einspannung der Folie vorgesehen  
sind.
7. Spiegel nach Anspruch 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Folie unter einer Vorspannung eingespannt ist.
8. Spiegel nach Anspruch 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß Einrichtungen zur Regelung der Vorspannung vorgesehen  
sind.

Dr.-Ing. Gerhard Müller  
Burgunderstraße 12  
1000 Berlin 38  
**Priv. Doz. Dr.-Ing. G. Müller**  
**Telefon 09131/55722**  
**Anderlohrstraße 21**  
**8520 Erlangen**

3

Dr.-Ing. Horst Krause  
Am Bahnhof Westend 5  
1000 Berlin 19

2631551

### Spiegel mit veränderbarer Brennweite

Es wird die Konstruktion eines "Folienspiegels" vorgeschlagen, dessen Oberfläche durch Unterdruck und/oder elektrostatische Kräfte definiert verformt werden kann. Derartige Spiegel bieten wegen ihres geringen Gewichtes in der extraterrestrischen Astronomie wesentliche Vorteile. Außerdem ist es u.a. möglich, atmosphärische Störungen durch gezielte Änderung der Phasenfläche der reflektierten Lichtwelle zu korrigieren.

Aus Laser Focus Dec. 1974, S. 44, ist ein Korrekturspiegel bekannt, der piezoelektrische Kräfte ausnutzt, um einen auf den Piezokristall aufgebrachten dünnen gläsernen Spiegelträger zu deformieren. Bei diesem Verfahren wird zusätzlich zu dem Korrekturspiegel noch der übliche astronomische Spiegel benötigt. Dieser hat bei großem Durchmesser ein erhebliches Gewicht und ist sehr schwierig herstellbar.

In der vorliegenden Erfindung, die in den Patentansprüchen beschrieben ist, wird eine Anordnung vorgeschlagen, die gegenüber den bekannten Spiegeln einen geringeren Aufwand erfordert und ein wesentlich geringeres Gewicht besitzt. Insbesondere bei Anwendung in der extraterrestrischen Astronomie würde sich für große Durchmesser dadurch ein entscheidender Vorteil bieten.

Die Anwendung ist nicht nur auf astrophysikalische Probleme beschränkt, wenngleich sie hier auch recht spektakulär ist. Anschließend in loser Aufzählung eine Reihe von weiteren Anwendungen bzw. Anwendungsgebieten:

- a) die gesamte Mikrowellentechnik sowohl in der Forschung wie auch im kommerziellen Bereich für Radar etc.
- b) Beleuchtungstechnik
- c) kohärente Optik: Restaurieren von gestörten Phasenflächen (gestört durch opt. Bauelemente oder Schlieren)
- d) photographische Optik: Zoom - Objektive
- e) Anwendung als Sonnenkollektor.

Die Abbildung 1 zeigt eine Skizze der Anordnung. Die Grundidee dabei ist, eine bedampfte oder chemisch metallisierte Folie als Spiegel zu verwenden. Die Folie wird auf einen speziell geformten Rundflansch mit Hilfe eines Halteringes aufgespannt. Eine radiale Spannkraft kann dann durch einen Spannungseinstellring eingestellt werden. Ein zusätzlicher Andruckring sorgt dafür, daß eventuell beim Spannen auftretende Fältelungen sich nicht oder nur in sehr geringem Maße in die freie Öffnung ausbreiten können. Erzeugt man nun in der Kammer unter der Folie einen leichten Unterdruck, so wölbt sich die Folie in 1. Näherung zu einer Kugelfläche. Für eine gleichmäßige "Schüttlast" ergibt sich in 1. Näherung ein Rotationsparaboloid, höhere Näherungen sind vom Materialgesetz abhängig. Die Abweichungen von der gewünschten Flächenform werden zusammen mit Fehlern, die durch großflächige Dickenschwankungen der Folie bedingt sind, durch das nachstehend beschriebene Verfahren und die Vorrichtung korrigiert. Die Folie muß allerdings eine genügend kleine "Mikrorauigkeit" besitzen. Interferometrische Voruntersuchungen zeigten, daß neben Glas- und Metall- auch bestimmte Kunststoff-Folien (z.B. Acetatfolien) eine genügend gute Oberflächenstruktur aufweisen.

In Abbildung 2 ist das Verfahren zur Oberflächenkorrektur des Folienspiegels schematisch angedeutet. Unter der verspiegelten Folie befindet sich in geringem Abstand die sog. Korrekturplatte, sie besteht aus einem Isoliermaterial und ist folienseitig passend vorgeformt und in einem Raster mit flächen-

haften Elektroden überzogen. Anzahl und Flächengröße der Elektroden hängen vom gewünschten Auflösungsgrad der Korrektur und dem noch zu vertretenden elektronischen Aufwand ab.

Die Elektroden sind einzeln kontaktiert. Jede Elektrode bildet also mit dem korrespondierenden Teil der metallisch verspiegelten Folie einen kleinen Kondensator. Legt man nun die Spiegelschicht auf Erdpotential und an die Elektroden eine Spannung, so kann man mit den auftretenden elektrostatischen Kräften die Spiegeloberfläche "punktuell" korrigieren.

Die Größe dieser Regelspannung leitet man aus geeigneten optischen Testverfahren ab und kann so die Oberfläche des Spiegels gezielt verändern, d.h. die Phase der reflektierten Lichtwelle korrigieren\*. Um Regelschwingungen und Störungen durch akustische oder mechanische Einflüsse der gespannten Folie zu dämpfen, befindet sich zwischen Korrekturplatte und Folie eine dünne Ölschicht, die mit einem Reservoir in der Unterdruckkammer in Verbindung steht. Durch die Viskosität und den auftretenden Strömungswiderstand wird eine ausreichende Dämpfung des Systems erzielt. Die oben erwähnte Spiegelverformung durch Unterdruck kann auch durch elektrostatische Kräfte ersetzt werden. Dazu wird die Gesamtheit der Elektrodenelemente auf eine genügend hohe Spannung gebracht. Zu dieser Vorspannung werden dann die Regelspannungen der einzelnen Elemente addiert. Eine Abschätzung ergab für einen kleinen Spiegel mit 0,2 m  $\phi$  und einer Brennweite von 1 m für die nötige elektrische Vorspannung die Größenordnung 1 kV. Die Größenordnung der Korrekturspannung beim Übergang von einem Kugel- zu einem Parabolspiegel lag in diesem Fall in der Größenordnung von 1 V.

Das vorgeschlagene Verfahren wäre für zahlreiche Anwendungen einsetzbar, z.B. ließen sich mit passenden Referenzbeleuch-

\*(auf Seite 4)

- 4 -

tungsstrahlengängen und Korrekturverfahren aus zwei Folien-  
spiegeln auch Schmidtteleskope aufbauen.

Eine weitere Möglichkeit, einen erfindungsgemäßen Spiegel  
herzustellen, besteht darin, einen Aluminiumblock von z.B.  
1 m Durchmesser im Innern auf eine Dicke von z.B. 1 cm aus-  
zufräsen und die Oberfläche so zu schleifen, daß sie spie-  
gelt. Durch Anwendung von Unterdruck läßt sich dann die  
Aluminiumschicht in gewünschter Weise verformen.

\*=

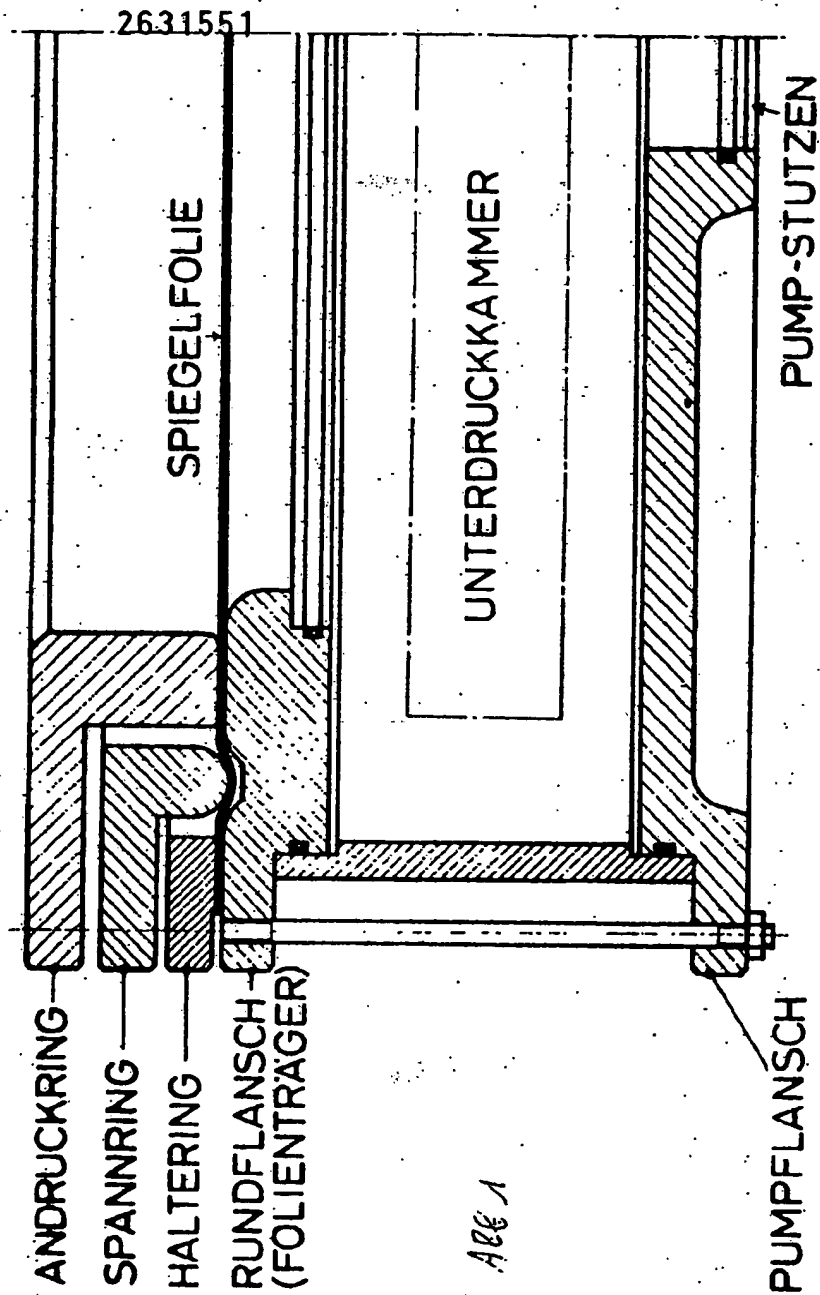
Solche Testverfahren sind z.B. das Foucault'sche Schneiden-  
verfahren, R.G. Wilson, 1975, Appl. Optics 14, 2390, der dy-  
namische Hartmantest L.J. Golden, 1975, Appl. Optics 14, 2390,  
oder bestimmte Schärfe-Funktionen, wie von R. Muller und A.  
Buffington, 1974, J. Opt. Soc. Am. 64, 1200 berichtet wird.  
Diese Autoren arbeiten offenbar auch an einem optischen System,  
auf das sie ihr in einer Computersimulation erfolgreich erprob-  
tes Testverfahren anwenden können.

1  
Leerseite



Nummer: 26 31 551  
Int. Cl. 2: G 02 B 5/10  
Anmeldetag: 14. Juli 1976  
Offenlegungstag: 2. Februar 1978

- 9 -



709885/0020

ORIGINAL INSPECTED

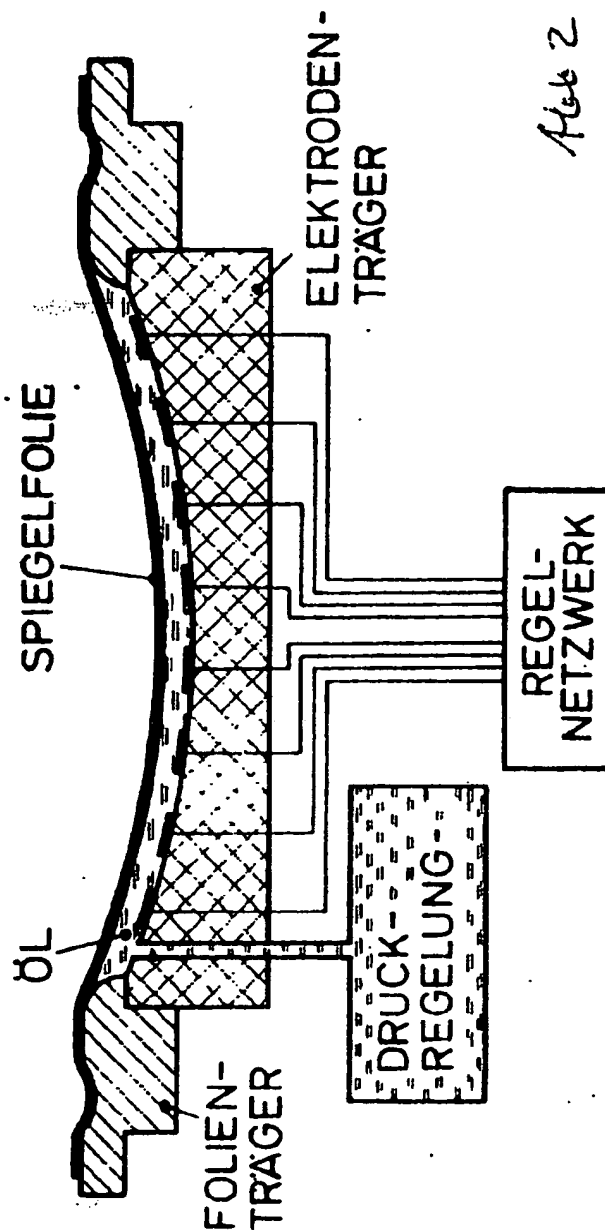


Abb 2

GK-ZEI-3103/500343.20100

Federal Republic of Germany  
German Patent Office

Patent Application 26 31 551

File No: 26 31 551.5-51  
Date of Application: 14<sup>th</sup> of July 1976  
Date of laying open to public inspection: 2<sup>nd</sup> of February 1978

Description: Mirror with variable focal length

Applicant: Krause, Horst, Dr.-Ing., 1000 Berlin; Müller, Gerhard, Dr.-Ing., 8520  
Erlangen

Inventor: See Applicant

Request for examination has been made according to paragraph 28b of German Patent  
law

Dr.-Ing. Gerhard Müller  
Burgunderstraße 12  
1000 Berlin 38

Dr.-Ing. Horst Krause  
Am Bahnhof Westend 5  
1000 Berlin 19

### Patent Claims

1. Mirror with variable focal length, characterized in that a flexible layer with a reflective or mirrored surface is deformed by means of low pressure and/or electrostatic forces.
2. Mirror according to claim 1, characterized in that the layer is constructed of a type of foil.
3. Mirror according to claims 1 and 2, characterized in that behind the foil individual electrodes are arranged for the generation of electrostatic forces.
4. Mirror according to claims 1 to 3, characterized in that a control network is provided for the activation of the electrodes.
5. Mirror according to claims 1 to 4, characterized in that the medium for the generation of low pressure is oil or air.
6. Mirror according to claims 1 to 5, characterized in that arrangements for tension mounting the foil are provided.

7. Mirror according to claims 1 to 6, characterized in that the foil is tension mounted with a certain amount of pre-tensioning.

8. Mirror according to claims 1 to 7, characterized in that arrangements for the control of pre-tensioning are provided.

## Mirror with variable focal length

The construction of a „foil mirror“ is proposed, the surface of which can be deformed in a defined manner by means of low pressure and/or electrostatic forces. Because of their low weight, such mirrors offer considerable advantages in extraterrestrial astronomy. Amongst other things, it is furthermore also possible to correct for atmospheric disturbances by purposefully changing the equiphase surface of the reflected lightwave.

From Laser Focus, Dec. 1974, p. 44, a correcting mirror is known that uses piezo-electrical forces to deform a thin mirror carrier made of glass that has been applied to the piezo-crystal. For this process, the customary astronomical mirror is necessary in addition to the correcting mirror. When it comes to large diameters, this is of considerable weight and difficult to produce.

The present invention described in the patent claims suggests an arrangement which – compared with known mirrors – is simpler to produce and of a considerably lower weight. In particular for applications in extraterrestrial astronomy, this would offer decisive advantages for larger diameters.

This application is not limited to astrophysical problems, although it is quite spectacular in this arena. Below follows a non-exhaustive list of further applications and fields of application:

- a) The entire field of microwave technology, in research as well as commercially for radar etc.
- b) Lighting technology
- c) Coherent optics: restoration of disturbed equiphase surfaces  
(disturbed by optical elements or schlieren)
- d) Photographical optics: zoom lenses
- e) Use as sun collectors

Figure 1 shows a sketch of the arrangement. The basic idea is to use a foil that has been vapor deposited or metalized chemically as a mirror. The foil is

tensioned on a custom-shaped round flange by means of a holding ring. A radial tensioning force can now be adjusted with help of a tensioning ring. An additional pressure ring makes sure that wrinkling that could occur during tensioning does not spread or only barely spreads into the clear opening. If weak low pressure is now generated in the chamber under the foil, the foil warps into the first degree approximation of a spherical shape. Under an even „dumping load“, the first degree approximation of a rotational paraboloid results, higher degree approximations depend on the material law. Aberrations from the desired surface form together with errors resulting from variations in thickness over a large area of the foil are corrected by the following process and arrangement. The foil must have a sufficiently small „micro-roughness“. Interferometric pre-examinations show that apart from glass and metal foils certain plastic foils (for example acetate foils) have a sufficiently good surface structure.

Figure 2 sketches the process for surface correction of the foil mirror in a diagram. At a small distance under the mirrored foil there is a so-called correction plate made of an insulating material; it has been pre-shaped on the side facing the foil and is covered by a grid of area electrodes. The number and area size of the electrodes depend on the desired degree of resolution of the correction and on how much electronic effort one can be held responsible for.

The electrodes have separate contacts. Each electrode forms a small capacitor with the corresponding part of the metallic mirror foil. If one now grounds the mirror layer and applies a voltage to the electrodes, one can make „point-sized“ corrections to the mirror surface by means of the occurring electrostatic forces.

The strength of this control voltage is derived from suitable optical testing processes; this makes it possible to purposefully change the surface of the mirror, meaning to correct the phase of the reflected lightwave \*. To damp hunting oscillations and interference from acoustic or mechanical influences, there is a thin layer of oil between the correction plate and the foil which is connected to a reservoir in the low pressure chamber. A sufficient damping of the system is attained by means of viscosity and the occurring flow resistance. The aforementioned deformation of the mirror by means of low pressure can also be replaced by electrostatic forces. For this

purpose, a sufficiently high voltage is applied to all of the electrode elements. The control voltages of the individual elements are added to this base voltage. An estimate for a small mirror with a diameter of 0.2 m and a focusing length of 1 m would be a base voltage to the order of about 1 kV. The correction voltage for a change from a spherical to a parabolic mirror would in this case be to the order of 1 V.

The proposed process could be used in numerous applications; for example, using suitable reference light ray paths and correction processes, a Schmidt telescope could be constructed using two foil mirrors.

Another option for constructing a mirror according to the invention would be to mill a block of aluminum of about 1 m diameter down to an inside thickness of about 1 cm and to polish the surface to a mirror finish. Then, the aluminum layer can be deformed in the desired manner by means of low pressure.

#### Glossary (Drawings):

Andruckring = pressure ring; Spannring = tensioning ring;

Haltering = holding ring; Rundflansch (Folienträger) = round flange (foil carrier);

Spiegelfolie = mirror foil; Unterdruckkammer = low pressure chamber

Pumpflansch = pump flange; Pump-Stutzen = pump connector

Öl = oil      Druckregelung = pressure control      Regelnetzwerk = control network

Elektrodenräger = electrode carrier

---

\* Such testing processes are for example the Foucault knife edge test, R.G. Wilson, 1975, Appl. Optics 14, 2390, the dynamic Hartmann test, L.J. Golden, 1975, Appl. Optics, 14, 2390, or certain sharpness functions, as has been reported by R. Muller and A. Buffington, 1974, J. Opt. Soc. Am. 64, 1200. These authors also appear to be working on an optical system to which they can apply their testing process that has proven itself in a computer simulation.



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** Black dots and line

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**